



⑪ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenl gungsschrift**
⑩ **DE 198 38 238 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
A 61 C 13/00

②① Aktenzeichen: 198 38 238.3
②② Anmeldetag: 22. 8. 1998
④③ Offenlegungstag: 2. 3. 2000

DE 198 38 238 A 1

⑦① Anmelder:
Girrbach Dental GmbH, 75177 Pforzheim, DE

⑦④ Vertreter:
Stoffregen, H., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anw.,
63450 Hanau

⑦② Erfinder:
Luthardt, Ralph G., Dr.med.dent., 07745 Jena, DE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:
ZEL, Jef van der: Computermodellierter Zahnersatz
mit dem Cicero-System. In: Phillip Journal 7-8/96,
S. 227-235;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren zur rechnergesteuerten Herstellung von Zahnersatz

⑤⑦ Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur rechnergesteuerten Herstellung von Zahnersatz zur Restauration von zumindest einem Zahn oder Kieferbereich, insbesondere der okkusalen bzw. inzisalen Kontaktverhältnisse. Um auf einfache Weise Zahnersatz mittels CAD/CAM-Techniken herzustellen, wobei gleichzeitig sichergestellt werden soll, dass die Kontaktflächen des Zahnersatzes die erforderliche individuelle Gestaltung aufweist, so dass ein Nacharbeiten grundsätzlich nicht erforderlich ist, werden die Verfahrensschritte vorgeschlagen: Abformen von Ober- und Unterkiefer zur Herstellung von Oberkiefer- und Unterkiefermodellen sowie Zuordnung dieser mittels eines Artikulators, Zuordnung von zumindest zwei Fixpunkten des Oberkiefermodells oder des Unterkiefermodells oder gewählter Referenzpunkte zur Drehachse des Artikulators oder dieser zugeordneter zumindest zwei Bezugspunkte, Anordnen des Oberkiefermodells und Anordnen des Unterkiefermodells in einer Messeinrichtung zur Geometriebestimmung des zu restaurierenden Zahns bzw. Kieferbereichs oder Kiefers, wobei die zwei Fixpunkte in vorbestimmter Stellung zum Koordinatensystem der Messeinrichtung zur virtuellen Darstellung der Drehachse des Artikulators bzw. der dieser zugeordneten zumindest zwei Bezugspunkte positioniert werden, Digitalisieren der Ober- und Unterkiefermodelle, Konstruktion des Zahnersatzes mittels CAD und Fertigung des Zahnersatzes mittels CAM.

DE 198 38 238 A 1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur rechnergesteuerten Herstellung von Zahnersatz zur Restauration von zumindest einem Zahn oder Kieferbereich, insbesondere der okklusalen bzw. inzisalen Kontaktverhältnisse.

Ein entsprechendes Verfahren ist der DE 195 18 702 A1 zu entnehmen. Dabei wird zunächst mit Hilfe einer Messeinrichtung, bei der es sich um ein Abtastsystem mit optischem oder mechanischem Fühler oder 3D-Kamera handeln kann, die Geometrie des zu restaurierenden Zahnes und seiner Umgebung aufgenommen und elektronisch gespeichert. In einem zweiten Schritt wird das Bild interpretiert. In einem dritten Schritt wird die Restauration konstruiert. Sodann werden die mittels CAD gewonnenen digitalisierten Signale einer numerisch gesteuerten Maschine (CAM) zugeführt, um aus einem Materialblock den Zahnersatz zu fertigen. Das Erfassen der Geometrie des zu restaurierenden Bereichs erfolgt an einem Behandlungsplatz wie Zahnarztstuhl. Dagegen erfolgt die Auswertung der Messergebnisse sowie die Herstellung des Zahnersatzes selbst an einem gesonderten Ort. Die CAD/CAM-Aufgaben können dabei über einen Zentralrechner ausgeführt werden.

Ein entsprechendes Verfahren zeigt jedoch den Nachteil, dass eine hinreichende Gestaltung der Kontaktfläche des Zahnersatzes nicht erfolgen kann. Vielmehr bedarf es häufig einer Nachbearbeitung.

CAD/CAM-Techniken zur Herstellung eines Zahnersatzes gelangen auch nach der EP 0 311 214 B1 zur Anwendung, wobei zur Geometriebestimmung des zu konstruierenden Zahnersatzes ein dreidimensionales Foto eines durch einen Zahnarzt präparierten Zahnes im Mund des Patienten hergestellt wird.

Der vorliegenden Erfindung liegt das Problem zu Grunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art so weiterzubilden, dass auf einfache Weise Zahnersatz mittels CAD/CAM-Techniken herstellbar ist, wobei gleichzeitig sichergestellt werden soll, dass die Kontaktflächen des Zahnersatzes die erforderliche individuelle Gestaltung aufweist, so dass ein Nacharbeiten grundsätzlich nicht erforderlich ist. Auch soll schädelbezüglicher Oberkieferposition Rechnung getragen werden.

Erfindungsgemäß wird das Problem durch die Verfahrensschritte gelöst:

- Abformen von Ober- und Unterkiefer zur Herstellung von Oberkiefer- und Unterkiefermodellen sowie Zuordnung dieser mittels eines Artikulators,
- Zuordnung von zumindest zwei Fixpunkten des Oberkiefermodells oder des Unterkiefermodells oder gewählter Referenzpunkte zur Drehachse des Artikulators oder dieser zugeordneter zumindest zwei Bezugspunkte,
- Anordnen des Oberkiefermodells und Anordnen des Unterkiefermodells in einer Messeinrichtung zur Geometriebestimmung des zu restaurierenden Zahns bzw. Kieferbereichs oder Kiefers, wobei die zwei Fixpunkte in vorbestimmter Stellung zum Koordinatensystem der Messeinrichtung zur virtuellen Darstellung der Drehachse des Artikulators bzw. der dieser zugeordneten zumindest zwei Bezugspunkte positioniert werden,
- Digitalisieren der Ober- und Unterkiefermodelle,
- Konstruktion des Zahnersatzes mittels CAD und
- Fertigung des Zahnersatzes mittels CAM.

Erfindungsgemäß nutzt man konventionelle Techniken zur Herstellung eines Zahnersatzes mit individuell gestalteter Kontaktfläche, indem zur Herstellung und Ausrichtung

von Oberkiefer- und Unterkiefermodellen übliche Registertechniken zur Anwendung gelangen, die beherrschbar und umfassend erprobt sind.

Zur Geometriebestimmung der Restauration werden die Oberkiefer- und Unterkiefermodelle nach bekannten Techniken vermessen, wobei durch die eindeutige Zuordnung z. B. des Oberkiefermodells zu der Drehachse des Artikulators und damit aufgrund der Ausrichtung des Unterkiefers auf den Oberkiefer der ebenfalls erfolgenden eindeutigen Zuordnung des Unterkiefermodells auf die Drehachse des Artikulators schädelbezügliche Oberkieferpositionen berücksichtigt werden können und okklusale Bereiche optimal nachempfunden und bearbeitet werden können. Bei Vermessung des Oberkiefermodells und des Unterkiefermodells liegt die Drehachse des Artikulators virtuell vor, so dass eine eindeutige Zuordnung der Daten mit dem Ergebnis gegeben ist, dass eine optimale Geometriebestimmung des zu restaurierenden Zahnes bzw. Kieferbereichs unter Berücksichtigung einer individuellen Gestaltung der Kontaktflächen erfolgt.

Dadurch, dass beim Vermessen des Oberkiefermodells bzw. Unterkiefermodells die Drehachse des Artikulators virtuell vorliegt, können zur Berechnung der Restauration Kondylenbahnneigungswinkel und/oder Bennettwinkel und/oder Fischerwinkel und/oder Side-Shift berücksichtigt werden, so dass ein optimaler Zahnersatz herstellbar ist.

Mit anderen Worten wird patientenseitig mit konventionellen Methoden gearbeitet, wobei gleichzeitig sämtliche Vorteile rechnergesteuerter Arbeitsverfahren genutzt werden.

Als Fixpunkte werden insbesondere die Sockelplatte des Oberkiefermodells verwendet, die sowohl in dem Artikulator als auch in einer Messeinrichtung zur Geometriebestimmung des zu restaurierenden Zahns und seiner Umgebung eindeutig positionierbar ist. Das Abtasten des Oberkiefermodells und des Unterkiefermodells kann mechanisch und/oder optisch erfolgen.

Die entsprechenden digitalisierten Messergebnisse werden mit den digitalisiert vorliegenden virtuellen Bezugspunkten der Drehachse des Artikulators verknüpft, anschließend aufgrund der so gewonnenen Werte der Zahnersatz virtuell konstruiert und dem konstruierten Zahnersatz entsprechende digitale Signale mittels CAM zur Fertigung des Zahnersatzes umgesetzt.

Insbesondere ist vorgesehen, dass zur Geometriebestimmung eine CCD-Kamera verwendet wird, wobei die zu erfassenden Bereiche des Oberkiefermodells und des Unterkiefermodells zum Beispiel mit Streifenmuster beleuchtet werden können. Andere Verfahren wie Graycode-Verfahren, Phaseshift-Verfahren, phasenmessende Verfahren oder Triangulation sind gleichfalls möglich.

Weitere Einzelheiten, Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich nicht nur aus den Ansprüchen, den diesen zu entnehmenden Merkmalen für sich und/oder in Kombination, sondern auch aus der nachfolgenden Beschreibung eines der Zeichnung zu entnehmenden bevorzugten Ausführungsbeispiels.

Es zeigen:

Fig. 1 eine Prinzipdarstellung eines Gesichtsbogens mit zwischen Ober- und Unterkiefer an einer Person positionierter Bissgabel.

Fig. 2 der der Fig. 1 zu entnehmende Gesichtsbogen zum Positionieren eines Oberkiefermodells in einem Artikulator.

Fig. 3 der Artikulator nach Fig. 2 mit einem artikulierten Ober- und Unterkiefermodell.

Fig. 4 eine Ausführungsform eines in einer Messeinrichtung angeordneten Oberkiefermodells und

Fig. 5 die Messeinrichtung nach Fig. 4 mit virtueller Ar-

tikulatordrehachse.

In den Fig. 1 bis 3 sind hinlänglich bekannte Geräte und mit diesen durchzuführende zahnärztliche Registriertechniken rein prinzipiell dargestellt, mit denen in einem Artikulator 10 ein Oberkiefermodell 12 und zu diesem ein Unterkiefermodell 14 einartikuliert werden. Hierzu werden beispielsweise in gewohnter Weise zunächst durch Abformen geeigneter Kiefermodelle mit Modellsockel hergestellt, welcher mit einer lösbar mit dem Artikulator verbundenen Sockelplatte 16a, 16b über Gipsmaterial verbunden ist, nachdem das geeignete Modell auf einer Bissgabel 18 ausgerichtet ist, die entsprechend der Fig. 1 von einem Gesichtsbogen 20 ausgeht, der schwenkbar im äußeren Gehörgang einer Person positionierbar ist. Entsprechend wird sodann der Gesichtsbogen 20 im Artikulator zu dessen Drehachse 22 ausgerichtet.

Nach Entfernen des Gesichtsbogens 20 wird sodann der durch den Unterkiefer gebildete Gegenbiss auf das Oberkiefermodell 12 ausgerichtet.

Da das Oberkiefermodell 12 eindeutig zur Drehachse 22 des Artikulators 10 ausgerichtet ist, ist folglich durch die wiederum eindeutige Zuordnung zwischen dem Oberkiefermodell 12 und dem Unterkiefermodell 14 letzteres auch eindeutig zur Drehachse 22 positioniert.

Insofern wird jedoch auf hinlänglich bekannte und beherrschte Registriertechniken verwiesen. Gleiches gilt in Bezug auf mögliche exzentrische Bewegungen des Unterkiefers, so dass insoweit auch auf den vorbekannten Stand der Technik verwiesen wird.

Erfindungsgemäß ist nun vorgesehen, dass mittels einer Messeinrichtung 24 die Geometrie eines zu restaurierenden Zahnes bzw. Kieferbereichs oder Kiefers und dessen Umgebung bestimmt wird, wobei die Drehachse 22 des Artikulators 10 virtuell vorliegt, wie dies prinzipiell durch die Fig. 5 verdeutlicht wird. Somit erfolgt bei der im Ausführungsbeispiel optischen - Vermessung des Oberkiefermodells 12 eine gleichzeitige Zuordnung der Daten zur Drehachse 22 des Artikulators 10. Dies wiederum bedeutet, dass zur Konstruktion des Zahnersatzes aus den durch die Messung gewonnen und digitalisierten Daten individuelle Werte bezüglich der Bewegungsbahnen des Unterkiefers (Kondylenbahnnigungswinkel, Bennett-Winkel, Fischer-Winkel, Side-Shift) zum Oberkiefer mitberücksichtigt werden können.

Mit anderen Worten erfolgt eine räumliche Zuordnung von Oberkiefermodell 12 und Unterkiefermodell 14 aufgrund der virtuell hinterlegten Drehachse 22, obwohl Unterkiefermodell 14 und Oberkiefermodell 12 unabhängig voneinander ausgemessen werden.

Ausschlaggebend ist allein, dass eine eindeutige Bezugnahme zwischen einem der Modelle 12 und 14 zur Drehachse 22 oder dieser zugeordnete Bezugspunkte und sodann zum Koordinatensystem einer Messeinrichtung 24 gegeben ist. Dies erfolgt vorzugsweise über die Sockelplatte 16a, 16b, die in der in den Fig. 4 und 5 dargestellten Messeinrichtung 24 eindeutig positioniert ist und damit eine eindeutige Zuordnung zur Drehachse 22 oder entsprechenden Bezugspunkte des Artikulators 10 ermöglicht.

Im Ausführungsbeispiel der Fig. 4 und 5 ist der Oberkiefer 12 auf einer keilförmigen Halterung 26 angeordnet, um sodann den Bereich des zu restaurierenden Zahn bzw. Kiefers z. B. mit Streifenlicht, welches von einem Streifenprojektor 28 abgegeben wird, zu beaufschlagen. Mit z. B. einer CCD-Kamera 30 wird die Abbildung des Streifenmusters bestimmt, wobei z. B. durch die Verzerrung des Streifenmusters Tiefeninformationen erzielbar sind.

Zur räumlichen Ausmessung der Modelle 12, 14 kann die CCD-Kamera 30 um die Achse D1 gedreht werden. Ent-

sprechend besteht auch die Möglichkeit, das Modell 12 um die Achse D2 zu drehen. Durch diese Maßnahmen ist eine räumliche Geometrieerfassung des Modells 12 möglich.

Entsprechend wird das Unterkiefermodell 14 ausgemessen, welches aufgrund der eindeutigen Zuordnung zu dem Oberkiefermodell 12 nach dem Einartikulieren gleichfalls eine eindeutige Zuordnung zu der virtuell mitgeführten Drehachse 22 des Artikulators 10 zeigt.

Die so ermittelten Werte werden mittels eines CAD-Systems verarbeitet, um einen Zahnersatz zu konstruieren. Anschließend erfolgt die Herstellung eines Zahnersatzes in gewohnter Weise mit CAM (Computer Aided Manufacturing).

Andere Möglichkeiten zum Ausmessen des Ober- und Unterkiefermodells 12 und 14 wie z. B. stereophotogrammetrische Verfahren unter Verwendung konventioneller Kameras mit Lichtleiter und konventionellen Filmmaterials und anschließender Digitalisierung oder Anfertigen von Aufnahmen jeder Präparation mittels CCD-Kameras, wobei Streifenmuster zur Ermittlung der Tiefeninformation abgebildet werden können, sind gleichfalls möglich. Das mechanische Digitalisieren ist als weitere Messmöglichkeit angeben.

Patentansprüche

1. Verfahren zur rechnergesteuerten Herstellung von Zahnersatz zur Restauration von zumindest einem Zahn- oder Kieferbereich **gekennzeichnet durch** die Verfahrensschritte

Abformen von Oberkiefer und Unterkiefer, Herstellung von Oberkiefermodell und Unterkiefermodell sowie Zuordnung dieser in einem Artikulator,

Zuordnung von zumindest zwei Fixpunkten des Oberkiefermodells oder des Unterkiefermodells oder einer von deren Sockelplatten zur Drehachse des Artikulators oder dieser zugeordnete zumindest zwei Bezugspunkte,

- Anordnung des Oberkiefermodells und Anordnung des Unterkiefermodells in einer Messeinrichtung zur Geometriebestimmung des zu restaurierenden Zahns bzw. Kieferbereichs oder Kiefers, wobei die mindestens zwei Fixpunkte in vorbestimmter Stellung zum Koordinatensystem der Messeinrichtung zur virtuellen Darstellung der Drehachse des Artikulators bzw. der dieser zugeordneten zwei Bezugspunkte positioniert werden,

- Digitalisierung der Ober- und Unterkiefermodelle oder Teile dieser unter Berücksichtigung der virtuellen Drehachse des Artikulators und der zumindest zwei Bezugspunkte,

Konstruktion des Zahnersatzes mittels CAD und

Fertigung des Zahnersatzes mittels CAM.

2. Verfahren zur rechnergesteuerten Herstellung von Zahnersatz nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass neben der die virtuelle Drehachse des Artikulators bzw. die dieser zugeordneten Bezugspunkte berücksichtigenden gemessenen die Geometrie des Oberkiefermodells bzw. Unterkiefermodells repräsentierenden Signalen Kondylenbahnnigungswinkel und/oder Bennett-Winkel und/oder Fischer-Winkel und/oder Side-Shift zur Konstruktion des Zahnersatzes einbezogen werden.

3. Verfahren zur rechnergesteuerten Herstellung von Zahnersatz nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass als Fixpunkte die Sockelplatte des Oberkiefermodells verwendet wird.

4. Verfahren zur rechnergesteuerten Herstellung von Zahnersatz nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Oberkiefermodell und das Unterkiefermodell mechanisch und/oder optisch abgetastet werden. 5
5. Verfahren zur rechnergesteuerten Herstellung von Zahnersatz nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die von dem Oberkiefermodell und die von dem Unterkiefermodell erhaltenen digitalisierten Messergebnisse der in digitalisierten Werten vorliegenden virtuellen Drehachse des Artikulators zugeordnet werden, sodann der Zahnersatz virtuell konstruiert und dem konstruierten Zahnersatz entsprechende digitale Signale mittels CAM zur Fertigung des Zahnersatzes umgesetzt werden. 10 15
6. Verfahren zur rechnergesteuerten Herstellung von Zahnersatz nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Geometriebestimmung des zu restaurierenden Zahnes bzw. Kieferbereichs eine CCD-Kamera verwendet wird. 20
7. Verfahren zur rechnergesteuerten Herstellung von Zahnersatz nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Messung des Zahnes bzw. Kieferbereichs dieser mit Streifenmuster bestrahlt wird. 25
8. Verfahren zur rechnergesteuerten Herstellung von Zahnersatz nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Geometriebestimmung des zu restaurierenden Zahns bzw. Kieferbereichs ein stereophotogrammetrisches Verfahren verwendet wird. 30
9. Verfahren zur rechnergesteuerten Herstellung von Zahnersatz nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mechanische oder optische Positionierhilfen für die Übertragung der Scharnierachse genutzt werden. 35

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

40

45

50

55

60

65



